

POTENSI ARANG AKTIF DARI TULANG KERBAU SEBAGAI ADSORBEN ION BESI, TIMBAL, SULFAT DAN KLORIDA DALAM LARUTAN

Ardha Handayani¹, Subardi Bali², Itnawita²

¹**Mahasiswa Program Studi S1 Kimia**

²**Bidang Kimia Analitik Jurusan Kimia**

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Kampus Binawidya Pekanbaru, 28293, Indonesia

ardhahandayani03@gmail.com

ABSTRACT

Buffalo bone is a waste material that has not been used optimally. One alternative utilization is used as an adsorbent in the form of activated charcoal. Activated charcoal is obtained through the activation process by using Na_2CO_3 with optimum concentration of 5%. The results of the characterization of water content, ash content, iodine adsorption and surface area are 5,66%; 10,21%; 207,48 mg/g and 5,1058 m^2/g respectively. Activated charcoal adsorption capability is potentially used for cation adsorption of Fe^{3+} and Pb^{2+} by 99,93 and 99,94%, that were analyzed using AAS. Furthermore, adsorption of SO_4^{2-} ions is 52,93% that was analyzed using a UV-Vis spectrophotometer. On the other hand, it is not good enough for Cl^- ion uptake that is 10% which was analyzed using methods Argentometry *Mohr*.

Keywords: adsorption, Fe^{3+} , Pb^{2+} , SO_4^{2-} , Cl^- , buffalo bone

ABSTRAK

Tulang kerbau merupakan bahan sisa yang belum dimanfaatkan secara optimal. Salah satu alternatif pemanfaatannya adalah digunakan sebagai adsorben dalam bentuk arang aktif. Arang aktif diperoleh melalui aktivasi dengan menggunakan Na_2CO_3 dengan konsentrasi optimal 5%. Hasil karakterisasi kadar air, kadar abu, adsorpsi iodium dan luas permukaan didapatkan masing-masing 5,66%; 10,21%; 207,48 mg/g dan 5,1058 m^2/g . Kemampuan serapan arang aktif ini berpotensi untuk serapan kation berupa ion Fe^{3+} dan Pb^{2+} sebesar 99,93 dan 99,94% yang dianalisis menggunakan SSA. Serapan ion SO_4^{2-} sebesar 52,93% yang dianalisis menggunakan spektrofotometer VU-Vis. Arang aktif ini kurang baik untuk serapan ion Cl^- yakni sebesar 10,00% yang dianalisis menggunakan metode Argentometri *Mohr*.

Kata kunci: adsorpsi, Fe^{3+} , Pb^{2+} , SO_4^{2-} , Cl^- , tulang kerbau

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang luas dengan jumlah penduduk yang cukup banyak, sehingga kebutuhan bahan pangan semakin meningkat. Kerbau merupakan hewan yang memiliki potensi untuk ditenakkan sebagai penghasil susu dan daging. Konsumsi daging kerbau khususnya di provinsi Riau dari tiga tahun terakhir selalu meningkat. Berdasarkan Dirjen Pertenakan (2013) menyatakan bahwa produksi daging kerbau di daerah Riau dari tahun 2011, 2012 dan 2013 berturut-turut adalah 1.450; 1.608 dan 1.613 ton/tahun. Meningkatnya kebutuhan daging kerbau menyebabkan tingginya limbah tulang kerbau yang dihasilkan. Pada saat ini, pemanfaatan limbah tulang kerbau hanya sebatas sebagai bahan kerajinan dan dirasa pemanfaatannya belum secara optimal. Menyikapi hal tersebut, maka digunakan alternatif lain yaitu sebagai adsorben. Adsorben adalah zat yang mempunyai sifat mengikat molekul pada permukaan dan sifat ini sangat menonjol pada padatan berpori (Sukardjo, 2002).

Menurut Darmayanto (2009) kandungan organik penyusun tulang kerbau sebesar 35% b/v. Kandungan karbon dalam tulang yang cukup banyak, sehingga sangat memungkinkan dijadikan sebagai bahan baku pembuatan arang aktif. Arang aktif merupakan senyawa amorf yang dapat dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon atau dari arang yang diperlakukan dengan cara khusus untuk mendapatkan permukaan lebih luas. Luas permukaan arang aktif berkisar 400-800 m²/gram dengan ukuran pori antara 5-10 Å. Arang tulang memiliki daya serap yang tinggi, karena

arang tulang mempunyai pori-pori dalam jumlah besar (Triyana *et al*, 2003).

Dilihat dari keadaan lingkungan saat ini, semakin meningkatnya pencemaran yang terjadi pada air akan mengganggu keseimbangan siklus kehidupan makhluk hidup. Berdasarkan hasil penelitian Susanto (2012) menyatakan bahwa kandungan besi dan klorida dalam air lindi TPA Muara Fajar Pekanbaru masing-masing sebesar 2,0932 dan 355,4 mg/L. Hasil penelitian Ridinata (2012) menyatakan bahwa kandungan timbal dan sulfat pada air sungai Pendulangan desa Pangkalan Kuansing masing-masing sebesar 0,0528 dan 21,367 mg/L. Tingginya tingkat pencemaran dilingkungan maka peneliti melakukan salah satu cara untuk mengurangnya yakni memanfaatkan arang aktif dari tulang kerbau sebagai adsorben ion besi, timbal, sulfat dan klorida dalam larutan murni sebagai uji pendahuluan. Menurut penelitian Maftuhin (2013) menyatakan bahwa efisiensi arang aktif tulang ayam terhadap kation timbal dengan konsentrasi 50 ppm dan 100 ppm berturut-turut adalah 99,53% dan 99,99%. Dengan demikian, arang aktif dari tulang kerbau juga bisa digunakan untuk penyerapan ion timbal, besi, sulfat dan klorida.

METODE PENELITIAN

a. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan adalah Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) (Perkin Elmer A. Analysis 200), Spektrofotometer UV-Vis, timbangan analitik (Mettler tipe AE 200), mikropipet atau *auto sampler*, hot plate (PMC 502), desikator, *furnace*

(Gallenkamp Muffle Furnace `Size 1), oven (Gallenkamp Hotbox Oven Size 1), kertas saring *Whatman* 42 serta alat-alat gelas standar Laboratorium. Bahan yang digunakan adalah tulang kerbau, besi III klorida (FeCl_3), timbal nitrat ($\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$), natrium sulfat (Na_2SO_4), natrium karbonat (Na_2CO_3), natrium klorida (NaCl), natrium tiosulfat ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$), kalium kromat (K_2CrO_4), perak nitrat (AgNO_3), iodium (I_2), amilum ($\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$)_n, kristal barium klorida (BaCl_2), kristal metilen biru dan akuades.

b. Preparasi Sampel

Sampel yang digunakan adalah tulang keras dari kerbau yang didapatkan secara acak dari pedagang kerbau yang ada di pasar Air Tiris Bangkinang, Kampar. Penanganan sampel tulang kerbau dimulai dari mencuci bersih dan dipisahkan dari dagingnya. Sampel dikeringkan di bawah sinar matahari, setelah kering kemudian sampel dipotong kecil-kecil dan kemudian sampel siap dikarbonisasi.

c. Proses Karbonisasi (SNI-06-3730-1995)

Tulang kerbau yang telah dibersihkan dan dikeringkan ditimbang sebanyak 1,5 kg. Kemudian dimasukkan ke dalam cawan secara bertahap dan cawan tersebut ditutup agar udara tidak masuk. Masukkan kedalam *furnace* pada suhu 800°C selama ± 2 jam. Didiamkan hingga arang tulang kerbau dingin, kemudian dipisahkan arang tulang kerbau dari abu atau sisa tulang kerbau yang tidak terbakar dan ditimbang arang yang dihasilkan.

d. Proses Aktivasi

Aktivasi arang tulang kerbau dilakukan dengan cara, tulang kerbau yang sudah dikarbonisasi menjadi arang, digerus hingga halus dan diayak lolos ukuran 100 mesh hingga didapat serbuk arang. Tahap awal proses aktivasi kimia, yaitu dengan menimbang 30 g serbuk arang tulang kerbau. Direndam dengan 300 mL Na_2CO_3 2,5%; 5% dan 7,5% di dalam beaker gelas 500 mL, didiamkan selama 24 jam, disaring dan dipanaskan dalam oven pada suhu 105°C selama 20 menit, kemudian di *furnace* pada suhu 800°C selama 40 menit, selanjutnya didinginkan dan dicuci dengan akuades berulang kali sampai pH netral, kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 105°C dan dimasukkan ke dalam desikator selama 30 menit. Arang aktif siap untuk dikarakterisasi.

e. Karakterisasi Arang Aktif

1. Kadar air arang aktif

Kadar air bahan ditentukan dengan cara sebanyak 1 g arang aktif ditimbang dengan teliti, kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 105°C hingga bobot konstan. Selanjutnya sampel dimasukkan dalam desikator selama 15 menit. Kemudian ditimbang hingga berat konstan.

$$A = \frac{B}{C} \times 100\% \dots\dots\dots (i)$$

A= Kadar air (%)

B= Penyusutan bobot (g)

C= Berat sampel (g)

2. Kadar abu arang aktif

Kadar abu ditentukan dengan cara sebanyak 1 g arang aktif dimasukkan kedalam cawan porselin. Setelah itu dimasukkan ke dalam *furnace* pada suhu 805°C sampai terbentuk abu. Selanjutnya sampel dimasukkan dalam desikator selama 15 menit dan ditimbang hingga berat konstan.

$$Q = \frac{D}{C} \times 100\% \dots\dots\dots (ii)$$

Q= Kadar abu (%)

D= Berat abu total (g)

C= Berat sampel (g)

3. Daya serap terhadap larutan iodium (SNI-06-3730-1995)

Daya serap sampel terhadap iodium dimulai dengan pemanasan sampel di dalam oven pada suhu 105°C selama 1 jam. Sampel yang dipanaskan tersebut selanjutnya didinginkan dalam desikator selama 30 menit. Setelah sampel tersebut dingin, diambil 0,5 g dan diberi perlakuan dengan penambahan 50 mL larutan iodium 0,1 N diaduk selama 15 menit dan didiamkan selama 15 menit. Kemudian diambil 10 mL filtrat dan dilakukan proses titrasi dengan menggunakan larutan natrium tiosulfat ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) 0,1 N sampai terbentuk warna kuning, jika warna kuning telah samar lakukan penambahan 1 mL larutan amilum 1% sebagai indikator. Proses titrasi diulang kembali hingga warna biru hilang.

$$I = \frac{(V_1 N_1 - V_2 N_2) \times 12,69 \times fp}{W} \dots\dots\dots (iii)$$

Keterangan :

I = Iodium teradsorpsi (mg/g)

V_1 = Larutan iodium yang dianalisis (mL)

V_2 = Larutan natrium tiosulfat yang diperlukan (mL)

N_1 = Normalitas iodium

N_2 = Normalitas natrium tiosulfat

W = Berat sampel (g)

fp = Faktor pengenceran

4. Luas permukaan arang aktif berdasarkan adsorpsi metilen biru (SNI-06-3730-1995)

Proses adsorpsi sampel terhadap larutan metilen biru dimulai dengan melakukan proses pemanasan sampel pada suhu 105°C selama 1 jam di dalam oven, dan dilanjutkan dengan proses pendinginan di dalam desikator. Kemudian sebanyak 0,5 g arang aktif itu dimasukkan ke dalam Erlenmeyer. Kemudian ditambah metilen biru 15 ppm sebanyak 50 mL. Campuran diaduk dengan pengaduk magnetik selama 15 menit dan didiamkan beberapa saat. Filtrat diukur absorbansi menggunakan spektrofotometer uv-vis pada panjang gelombang 665 nm.

f. Prosedur Penelitian

1. Penentuan ion besi dengan metode SSA

Pertama ditimbang 0,5 g arang aktif terbaik dari tulang kerbau, dimasukkan ke dalam beaker gelas 100 mL. Campurkan dengan 50 mL larutan kerja FeCl_3 100, 200, 300, 400, 500 dan 600 ppm selanjutnya diaduk dan didiamkan selama 24 jam. Kemudian diambil menggunakan pipet tetes bagian larutan yang jernih. Selanjutnya filtrat dianalisis menggunakan SSA pada panjang gelombang 248,3 nm.

2. Pengukuran ion timbal dengan metode SSA

Pertama ditimbang 0,5 g arang aktif terbaik dari tulang kerbau, dimasukkan ke dalam beaker gelas 100 mL. Ditambahkan dengan 50 mL larutan kerja $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ 100, 200, 300, 400, 500 dan 600 ppm selanjutnya diaduk dan didiamkan selama 24 jam. Kemudian diambil menggunakan pipet tetes bagian larutan yang jernih. Selanjutnya filtrat dianalisis menggunakan SSA pada panjang gelombang 283,3 nm.

3. Penentuan ion sulfat dengan metode spektrofotometri

Sebanyak 0,5 gram arang aktif terbaik dari tulang kerbau dimasukkan ke dalam beaker glass 100 mL. Ditambahkan 50 mL larutan natrim sulfat dengan konsentrasi 100, 200, 300, 400, 500 dan 600 ppm selanjutnya diaduk dan didiamkan selama 24 jam. Filtrat dipipet sebanyak 20 mL dan dimasukkan ke dalam Erlenmeyer. Reagen kondisi ditambahkan sebanyak 1 mL lalu campuran distirer hingga homogen. Kristal $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ sebanyak 0,08 g ditambahkan lalu distirer kembali selama 1 menit. Larutan dibiarkan hingga tercapai waktu kestabilan warna, yaitu 10 menit. Absorbansi larutan diukur pada panjang gelombang optimum dengan spektrofotometer yakni 410 nm.

4. Penentuan klorida dengan metode Argentometri (*Mohr*)

Pertama sebanyak 0,5 gram arang aktif terbaik tulang kerbau dimasukkan ke dalam beaker glass 100 mL. Ditambahkan 50 mL larutan klorida dengan konsentrasi 100, 150, 200, 250, 300 dan 350 ppm, kemudian diaduk dan diamkan selama 24 jam. Selanjutnya dipipet larutan jernih dan kemudian digunakan untuk analisis dengan menggunakan metode Argentometri.

Sebanyak 10 mL filtrat secara duplo dan dimasukkan kedalam Erlenmeyer 25 mL. Ditambahkan 0,4 mL larutan indikator K_2CrO_4 5%. Kemudian dititrasi dengan larutan baku AgNO_3 0,0101 N sampai titik akhir titrasi yang ditandai dengan terbentuknya endapan berwarna merah kecokelatan dari AgCrO_4 dan dicatat volume AgNO_3 yang digunakan. Dilakukan titrasi blanko, seperti langkah sebelumnya terhadap 10 mL air suling. Diulangi titrasi tersebut tiga kali dan dirata-ratakan volume AgNO_3 yang diperoleh.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Arang dari tulang kerbau yang telah diaktivasi menggunakan Na_2CO_3 dengan variasi konsentrasi 2,5%; 5,0% dan 7,5% dikarakterisasi dengan cara menentukan kadar air, kadar abu, adsorpsi iodium dan luas permukaan Tabel 1.

Tabel 1. Karakterisasi arang aktif tulang kerbau

No	Parameter	Konsentrasi Aktivator (Na ₂ CO ₃)			
		0,0%	2,5%	5,0%	7,5%
1	Kadar air (%)	2,99	19,09	5,66	12,43
2	Kadar abu (%)	14,74	23,81	10,21	15,87
3	Adsorpsi iodium (mg/g)	126,82	128,70	207,48	173,03
4	Luas permukaan (m ² /g)	4,2992	4,4588	5,1058	4,3116

Pada Tabel 1, terlihat bahwa adanya perbedaan nilai karakterisasi antara aktivator dengan tanpa aktivator. Pemilihan jenis aktivator Na₂CO₃ didasarkan pada sifat-sifatnya yang lebih stabil dan memiliki kemampuan tinggi untuk berikatan dengan senyawa lain serta tidak terlalu reaktif jika telah menjadi limbah. Arang yang diaktivasi memberikan hasil karakterisasi yang bagus, sehingga dengan demikian aktivator sangat mempengaruhi hasil karakterisasi. Karakterisasi arang aktif dilakukan untuk mengetahui kondisi dimana arang aktif mempunyai daya serap yang paling baik. Berdasarkan hasil karakterisasi, didapatkan aktivator optimum yakni Na₂CO₃ 5,0%. Hal ini disebabkan karena pada konsentrasi 2,5% kemampuan untuk membuka pori-pori arang masih sedikit, sedangkan pada 5,0% telah tercapainya keadaan optimum sehingga kemampuan untuk membuka pori-pori arang akan lebih besar, sedangkan pada konsentrasi 7,5% kemampuan serapannya berkurang karena pada aktivator dengan konsentrasi yang tinggi maka akan semakin banyak oksida natrium menutup pori-pori arang aktif. Hasil yang sama juga didapatkan pada penelitian Gilar *et al* (2013) yaitu aktivasi arang dari tempurung kelapa menggunakan aktivator Na₂CO₃ 2,5; 5,0 dan 7,5% didapatkan aktivator optimum yakni pada Na₂CO₃ 5,0%.

Menurut Muhammed *et al* (2012), pada jumlah kadar air yang tinggi maka kualitas arang aktif menurun karena pori-pori arang aktif masih tertutupi oleh molekul air. Pada aktivator 2,5%; 5,0% dan 7,5% kadar air yang rendah berada pada konsentrasi aktivator 5,0%, hal ini disebabkan karena aktivator berada pada kondisi yang optimum, sehingga lebih banyak mengikat molekul-molekul air dan pada akhirnya akan mempermudah pelepasan molekul air pada saat pemanasan. Dalam penelitian Gamus *et al* (2012) menyatakan bahwa standar kadar air untuk tulang sebesar 15. Begitu juga untuk kadar abu yang tinggi akan mempengaruhi kualitas arang aktif. Sama halnya dengan pernyataan dari Muhammed *et al* (2012), kadar abu yang tinggi akan menurunkan kemampuan arang aktif karena pori-pori arang aktif tertutupi oleh senyawa logam oksida. Hasil penelitian terlihat bahwa kadar abu yang rendah berada pada aktivator 5,0% yakni sebesar 10,21% dan ini tidak jauh berbeda jika dibandingkan dengan standar dalam penelitian Gamus *et al* (2012) yakni sebesar 10% untuk kadar abu dari tulang. Menurut Gilar *et al* (2013) menyatakan bahwa kadar abu yang tinggi diakibatkan karena tar dan mineral organik tidak dilarutkan secara sempurna oleh aktivator pada saat perendaman.

Adsorpsi iodium dilakukan untuk mengetahui kemampuan arang aktif terhadap penyerapan larutan berwarna (Muhammed *et al*, 2012). Terlihat bahwa pada aktivator Na₂CO₃ 5,0% menunjukkan keadaan yang optimum, hal ini disebabkan karena senyawa hidrokarbon yang tertinggal pada permukaan arang terbuang sempurna pada waktu aktivasi. Penentuan luas permukaan dari arang aktif dalam penelitian ini menggunakan metode adsorpsi metilen biru. Dari hasil yang didapatkan terlihat bahwa

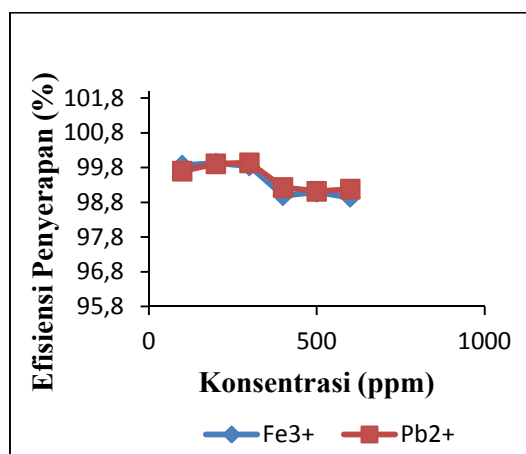
penyerapan metilen biru yang maksimal terdapat pada aktivator Na₂CO₃ 5,0%. Terjadinya peningkatan luas permukaan disebabkan karena aktivator dan pemanasan setelah aktivator lebih mudah menembus masuk kedalam pori-pori yang mengakibatkan residu-residu yang tertinggal pada permukaan arang lebih mudah untuk lepas.

Arang aktif dengan aktivator terbaik (Na₂CO₃ 5,0%) diaplikasikan untuk penyerapan ion besi, timbal, sulfat dan klorida bisa dilihat pada Tabel 2.

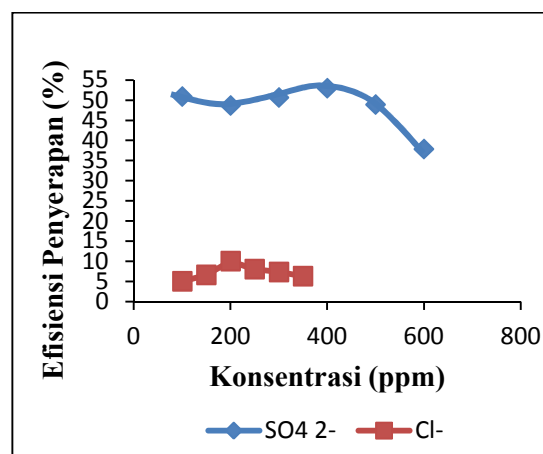
Tabel 2. Efisiensi penyerapan arang aktif dari tulang kerbau terhadap ion besi, timbal, sulfat dan klorida pada konsentrasi optimum

No	Parameter	Konsentrasi penyerapan optimum (ppm)	Efisiensi penyerapan (%)
1	Fe ³⁺	200	99,93
2	Pb ²⁺	300	99,94
3	SO ₄ ²⁻	400	52,93
4	Cl ⁻	200	10,00

Perbedaan efisiensi penyerapan antar anion dan kation dapat dilihat pada Gambar 1 (kation) dan Gambar 2 (anion).



Gambar 1. Efisiensi penyerapan kation



Gambar 2. Efisiensi penyerapan anion

Pada Tabel 2 terlihat bahwa adanya perbedaan penyerapan optimum, hal ini disebabkan karena sifat dari

masing-masing ion yang berbeda. Efisiensi penyerapan optimum ion Fe³⁺ terdapat pada konsentrasi 200 ppm

yakni sebesar 99,93%. Besarnya penyerapan arang aktif dari tulang dipengaruhi oleh adanya situs aktif dari arang aktif tersebut (Maftuhin, 2013). Selain itu, arang aktif mempunyai banyak mikropori sehingga ion Fe^{3+} lebih mudah terserap atau membentuk ikatan dengan situs-situs aktif. Data ini juga ditunjukkan oleh daya serap iodium yang lebih besar daripada metilen biru karena daya serap terhadap iodium menunjukkan adanya mikropori dan mesopori (Anjelia, 2010). Hal yang sama juga terjadi pada penyerapan ion timbal dengan efisiensi penyerapan optimum sebesar 99,94% yang terjadi pada konsentrasi 300 ppm. Terlihat bahwa ada perbedaan pada efisiensi penyerapan jika dibandingkan dengan adsorpsi arang aktif terhadap ion besi, yakni efisiensi penyerapan ion Fe^{3+} lebih rendah dibandingkan dengan ion Pb^{2+} . Hal ini disebabkan oleh perbedaan jari-jari ion besi yang lebih kecil dibandingkan dengan jari-jari ion timbal yakni 1,17 Å sedangkan timbal 1,75 Å.

Berdasarkan hasil penelitian terlihat bahwa arang aktif dari tulang kerbau ini berpotensi untuk penyerapan kation dalam hal ini Fe^{3+} dan Pb^{2+} dibandingkan anion. Hal ini disebabkan karena arang aktif yang terbentuk masih mengandung gugus karbonil dan fosfor yang bermuatan negatif sehingga adanya perbedaan potensial yang akan menyebabkan terjadinya penyerapan yang lebih banyak. Berdasarkan hasil penelitian Maftuhin (2013) juga menyatakan bahwa dalam arang aktif dari tulang ayam yang diaktivasi menggunakan Na_2CO_3 mengandung gugus PO_4^{3-} . Negatifnya muatan arang ini sejalan dengan hasil penelitian dimana serapan anion jauh lebih kecil dibandingkan kation. Kemampuan serapan sulfat lebih besar dibandingkan

dengan klorida, hal ini karena tulang banyak mengandung kalsium dan magnesium sehingga akan lebih mudah terbentuk garam-garam sulfat.

Pada penyerapan ion sulfat terlihat, efisiensi penyerapan optimum berada pada konsentrasi 400 ppm yakni sebesar 52,93%. Hasil yang didapatkan lebih besar jika dibandingkan dengan efisiensi penyerapan klorida, efisiensi penyerapan klorida sangat sedikit yakni antara 5-10%, yang mana penyerapan yang optimum terdapat pada konsentrasi 200 ppm yakni sebesar 10%. Hal ini disebabkan karena ion klorida merupakan anion yang kecil sehingga akan mudah terjadi proses desorpsi, selain itu ion klorida memiliki elektronegatif yang besar sehingga akan terjadi tolak menolak dengan arang yang juga bermuatan negatif.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa aktivator dengan Na_2CO_3 5% memberikan hasil terbaik yang didasarkan pada hasil karakterisasi kadar air, kadar abu, adsorpsi iodium dan luas permukaan masing-masing sebesar 5,66%; 10,21%; 207,48 mg/g dan 5,1058 m²/g. Arang aktif dari tulang kerbau berpotensi sebagai adsorben penyerapan ion besi, timbal, sulfat dan klorida dengan efisiensi penyerapan masing-masing sebesar 99,93%; 99,94%; 52,93% dan 10,0%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak yang telah membantu selesainya penelitian ini kepada: Dosen Pembimbing I dan II,

Laboratorium Analitik Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Riau dan Laboratorium Pengujian Air Unit Pelaksanaan Teknis Pengujian Dinas Pekerjaan Umum Provinsi Riau.

DAFTAR PUSTAKA

Darmayanto. 2009. Penggunaan Serbuk Tulang Ayam Sebagai Penurun Intensitas Warna Air Gambut. *Tesis*. Universitas Sumatera Utara, Medan.

Gamus, R.H., Wauton, I., and Aliu, A.M., 2012. Investigation Of The Effect Of Chemical Activation and Characterization Of Bone Char: Cow Bone. *Journal of Engineering and Aplied Science*. 4:34-45.

Gilar, S.P., Yulianto, R. Y., Rachimoellah, M. dan Putri, E. M. 2013. Pembuatan Karbon Aktif Dari Arang Tempurung Kelapa Dengan Aktivator ZnCl_2 Dan Na_2CO_3 Sebagai Adsorben Untuk Mengurangi Kadar Fenol Dalam Air Limbah. *Jurnal Teknik ITS*, 2(1), F116-F120.

Maftuhin. 2013. Potensi Pemanfaatan Tulang Ayam Sebagai Adsorben Kation Timbal Dalam Larutan. *Skripsi*. Universitas Riau, Pekanbaru.

Mohammed, A., Aboje, A. A., Auta, M. and Jibril, M. 2012. A Comparative Analysis and Characterization of Animal Bones as Adsorbent. *Advances in Applied Science Research*, 3(5).

Ridinata, A. 2012. Kontribusi Logam Pb, Mn, Nitrat dan Sulfat dari Limbah Tambang Batubara Pada Badan Air Sungai Pendulangan Desa Pangkalan Kuansing. *Skripsi*. Universitas Riau, Pekanbaru.

Sukardjo. 2002. *Kimia Fisika*. Edisi Baru. Rineka Cipta, Jakarta.

Susanto, E. 2012. Analisis Kandungan Besi, Mangan, Nitrit dan Klorida dalam Air Lindi TPA Muara Fajar Pekanbaru. *Skripsi*. Universitas Riau, Pekanbaru.

Tryana, Meilita, S., Sarma dan Tuti, S. 2003. *Arang Aktif*. Universitas Sumatra Utara, Medan.